

Potenzial und Perspektiven

Dipl.-Ing. Andreas Loi-Brügger*

Die ersten Membrananlagen in Schwimmbädern zur Aufbereitung von Filterspülabwasser wurden 1997 errichtet. Seitdem wurden annähernd 200 solcher Anlagen mit unterschiedlichen Konzepten realisiert¹⁾. Die Erfolge haben die Membrantechnik im Schwimmbad bekannt gemacht. Seit der Jahrtausendwende wird auch über die Ultrafiltration (UF) von Beckenwasser nachgedacht. Aus der Trinkwasseraufbereitung ist die im Vergleich zur konventionellen Filtration überlegene Filtratqualität der Ultrafiltration bekannt.

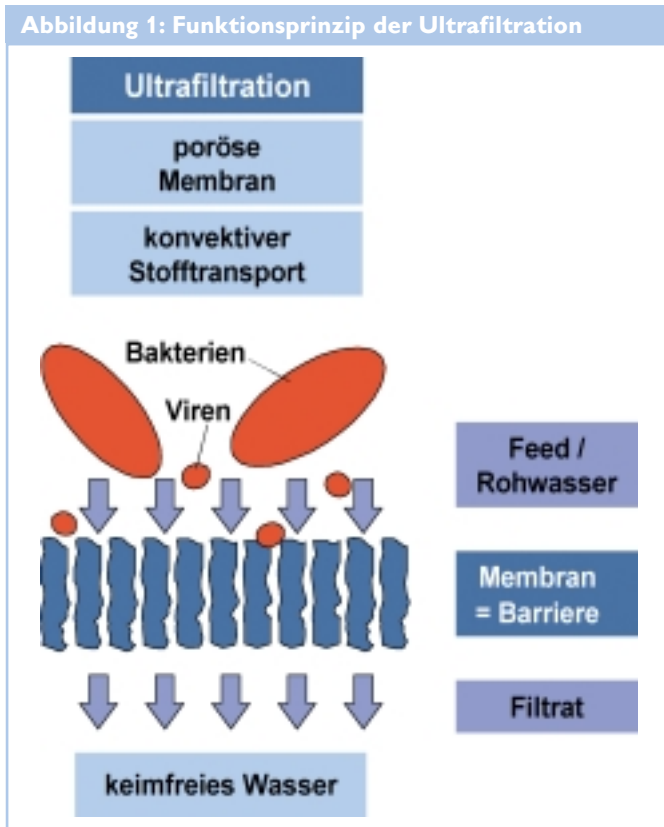
Zunächst wurde nur an spezielle Einsatzbereiche gedacht, da weitere Vorteile der Ultrafiltration insbesondere im kompakten und flexiblen Anlagenbau und in der hygienischen Sicherheit gesehen wurden²⁾. Ein erstes Untersuchungsvorhaben am Rheinisch-Westfälischen Institut für Wasserforschung gGmbH (IWW), Mülheim an der Ruhr, bescheinigte der Ultrafiltration zur Beckenwasseraufbereitung jedoch eine unerwartet hohe Flussleistung und damit das Potenzial zur wirtschaftlichen Konkurrenzfähigkeit³⁾. Auch die ersten realisierten Anlagen zeigten positive Ergebnisse^{4), 5)}. Seitdem wurden mehr als 45 Anlagen mit einer kumulierten Aufbereitungskapazität von ca. 2500 m³/h realisiert.

Funktionsprinzip Ultrafiltration

Membranen spielen bei vielen Stoffaustauschprozessen in der Natur – wie beim Stoffwechsel von lebenden Zellen oder bei der Wasseraufnahme von Pflanzen – eine zentrale Rolle. Sie haben die Eigenschaft, bestimmte Stoffe hervorragend passieren zu lassen und für andere Stoffe eine nahezu unüberwindbare Barriere darzustellen.

Durch die Herstellung synthetischer Membranen ist es gelungen, die Trenneigenschaften der Membranprozesse auch für technische Prozesse nutzbar zu machen. Typisch für alle Membranverfahren sind zwei Eigenschaften⁶⁾:

* pdmp-Consulting, Oberhausen



- Membranverfahren arbeiten rein physikalisch, d. h. die zu trennenden Komponenten werden weder thermisch noch chemisch oder biologisch verändert. Es entstehen somit keine unerwünschten Reaktionsprodukte.
- Membranverfahren sind modular aufgebaut und können damit an jede Kapazität angepasst werden.

In der Wasseraufbereitung und Abwasserbehandlung kommen vorwiegend die druckgetriebenen Membranverfahren Ultra- und Mikrofiltration sowie Umkehrosmose und Nanofiltration zum Einsatz. Als Triebkraft für den Prozess wird eine Druckdifferenz von der Feed- auf die Filtrat-Seite aufgebaut.

Abbildung 1 zeigt das Funktionsprinzip der Ultrafiltration (UF). Der Trennmechanismus beruht auf Größenausschluss, d. h.: Substanzen größer als die Poren der Membranen werden zurückgehalten. Abhängig von der gewählten Membran liegt bei der Ultrafiltration die Größe der Poren zwischen 5 und 50 nm. Damit stellt eine UF-Membran eine Barriere für alle partikulären und kolloidalen Bestandteile, Mikroorganismen und (bei geringer Porenweite) auch für Viren dar. Zurückgehalten wird damit auch der partikulär gebundene Anteil der AOX-Verbindungen. Alle echt gelösten Stoffe werden von der UF-Membran nicht zurückgehalten, sie bleiben im Wasser. Es resultiert ein klares und keimfreies Filtrat mit Trübungswerten von in der Regel unter 0,01 FNU.

In Sandfiltern dagegen werden Bakterien nicht nur an der Oberfläche festgehalten, sondern geraten abhängig von den Betriebsbedingungen in unterschiedlichem Ausmaß bis in die unterste Schicht und können dann in Form von Agglomeraten auch aus dem Filter austreten. Bei der Sandfiltration lassen sich gute Ergebnisse für die Wasserqualität demnach nur erzielen, wenn Flockungsfiltration sowie Filter und Filterspülbetrieb perfekt beherrscht werden⁷⁾.

Bei der Ultrafiltration haben Fehler bei der Betriebsführung (z. B. ungenügende Flockungsbedingungen, mangelhafte Spülung) eher Auswirkungen auf das operative Verhalten der Anlage, beeinflussen jedoch kaum die hygienische Qualität des Filtrats. Hier sind die Berücksichtigung der Besonderheiten der Ultrafiltration bei der Anlagenplanung und ein guter Anlagenbau übergeordnet wichtig. Beispielsweise spie-

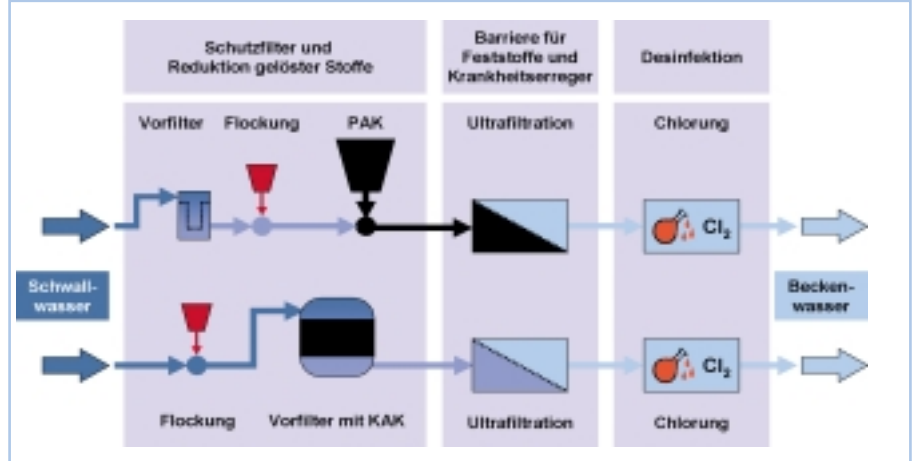
len das hygienische Design im Filtratstrang oder die Auswahl geeigneter Module eine wichtige Rolle.

Konzepte zur Ultrafiltration von Beckenwasser

Die Ultrafiltration findet seit ca. 40 Jahren im industriellen Sektor bei der Fraktionierung von Suspensionen oder Abtrennung von Partikeln und Kolloiden Verwendung. Seit ca. 15 Jahren kommt sie im großen Maßstab zur Trinkwasseraufbereitung und Abwasserbehandlung zum Einsatz.

Diese Zahlen machen deutlich, dass die Technologie der Ultrafiltration bereits eine gewisse Reife aufweist. Aus den Erfahrungen im Trinkwassersektor liegt für die Ultrafiltration zur Beckenwasseraufbereitung das notwendige Wissen über geeignete Membranen, Modulkonstruktionen, Integritätsüberwachung, Spülung und chemische Reinigung sowie über einen kostenoptimierten Anlagenbau vor. Auch die Prozessgestaltung kann von den Verfahren der Trinkwasseraufbereitung abgeleitet werden. Die entscheidende

Abbildung 2: Gestaltungsmöglichkeiten der Verfahrenskombination Flockung – Adsorption – Ultrafiltration – Desinfektion



PAK: Pulveraktivkohle KAK: Kornaktivkohle

Frage bei der Realisierung einer UF-Anlage ist heute demnach die optimale Integration in den Beckenwasserkreislauf unter Berücksichtigung der Besonderheiten von Schwimmbädern.

Bei der Beckenwasseraufbereitung sorgt die Ultrafiltration nicht nur für eine sichere Entfernung von partikulären Stoffen und

Krankheitserregern, sondern reduziert im Gegensatz zu konventionellen Verfahren im erheblichen Umfang auch die kolloidale Fracht im Filtratstrom. Dadurch wird die Desinfektionsnebenprodukt-Bildung reduziert. Auch die Virenrückhaltung der Ultrafiltration ist höher als bei der konventionellen Filtration. Zudem besteht bei der Ultrafiltration ein we-



Von der Indubrella Abdeckung wird es Ihrem Schwimmbad warm

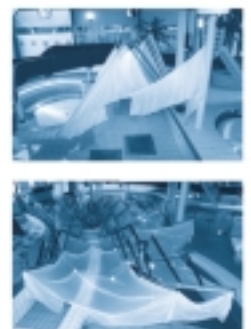
Das revolutionäre Indubrella Schwimmbadabdeckungssystem besteht aus einem dünnen Tuch, das wie eine Art Regenschirm über das Becken gespannt wird. Nennen Sie das ruhig sparsam bekleidet. Denn eine Indubrella Abdeckung sorgt für eine enorme Wärmeisolierung. Sie sparen mal schnell 70 % Energiekosten für Ihr Schwimmbad ein.

Eine Indubrella Abdeckung reduziert außerdem die Verdunstung von Wasser und Chemikalien. Das verringert die Korrosion in der Schwimmbadhalle und so auch die Wartungskosten.

Eine Indubrella Abdeckung ist sehr geeignet für besondere Beckenformen und schließt nahtlos am Objekte im Bad an.

Wähten Sie Bekanntschaft mit diesem sparsamen Typen machen?

Rufen Sie uns ruhig an, mailen oder faxen Sie. Sie bekommen von uns nähere Informationen oder einen maßgerechten Vorschlag.



Postfach 64, NL 9430 AB Westerbeek
De Waeste 34, NL 9431 TC Westerbeek - Balland
Tel. 0031 593-332181 / Fax 0031 593-331544
Email inducer@induccon.nl
Website www.induccon.nl

www.induccon.nl

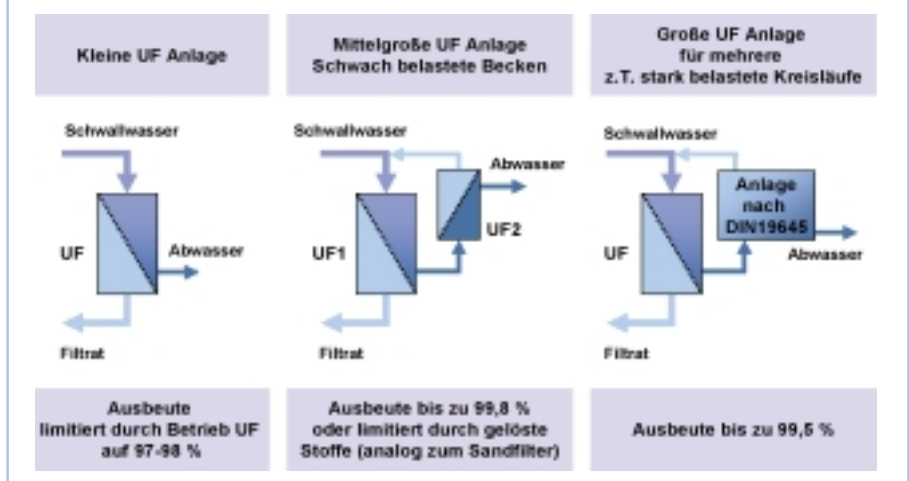
sentlich geringeres Verkeimungsrisiko (z. B. Legionellen) als bei Tiefenfiltern. All dies kann genutzt werden, um eine deutliche Verbesserung der Beckenwasserqualität und Erhöhung der hygienischen Sicherheit herbeizuführen.

Den bisher aufgeführten Vorteilen der Ultrafiltration stehen höhere spezifische Aufbereitungskosten gegenüber. Letztere können jedoch durch eine geschickte verfahrenstechnische Einbindung oder durch andere wirtschaftliche Vorteile der Ultrafiltration (z. B. geringerer Platzbedarf, geringerer Aufwand bei der Beckenreinigung, höhere Verfügbarkeit des Beckens) z. T. kompensiert oder gar aufgehoben werden.

Verfahrenstechnische Aspekte

Die Ultrafiltration ist ebenso wenig wie der klassische Sandfilter in der Lage, dem Beckenwasserkreislauf gelöste Störstoffe zu entnehmen. Eine Kombination mit einem Adsorptionsverfahren ist daher meistens sinnvoll. Für die Ultrafiltration gilt zudem, vergleichbar zum Sandfilter, dass sich eine Flockung positiv auf die Filtratqualität und auf den Betrieb der Anlage auswirkt. Aus verfahrenstechnischer Sicht kann der UF-Prozess damit analog zur Sandfiltration aufgebaut werden.

Abbildung 3: Erzielbare Ausbeute bei der Ultrafiltration von Beckenwasser



Die Verfahrenskombination der Ultrafiltration zur Beckenwasseraufbereitung wurde bisher zumeist mit folgenden Schritten realisiert: Flockung → Adsorption → Ultrafiltration → Desinfektion.

Bei der Flockung können grundsätzlich sowohl aluminium- als auch eisenhaltige Mittel oder Mischungen zum Einsatz kommen. Die Ausbildung großer Flocken ist bei der Ultrafiltration nicht erforderlich oder ggf. sogar unerwünscht. Damit ist auch eine Aufbereitung von Wässern mit hohen Salzgehalten wie z. B. Sole unproblematisch. Zur

Adsorption sind der Einsatz von Pulveraktivkohle (PAK) oder die Filtration über Kornaktivkohle (KAK) möglich.

Die beiden grundsätzlichen Möglichkeiten für den Aufbau der Verfahrensstrecke sind in Abbildung 2 dargestellt. Aus verfahrenstechnischer Sicht besonders sinnvoll wäre der Einsatz eines KAK-Filters nach der Ultrafiltration. Wegen der möglichen Verkeimung des KAK-Filters bestehen bzgl. dieser Option jedoch hygienische Bedenken.

Eine Alternative zur Aktivkohleadsorption stellt evtl. eine UV-Bestrahlung hinter der

www.sab-anlagen.de

Ungetrübter Nutzen durch Spülabwasseraufbereitung

Saubere Leistung in der Badewasserfiltration

Kreislauf

Optimierung

Ultrafiltration

Schünemann Anlagen GmbH
 Buntentorsteich 1 · D 28201 Bremen
 Tel.: 0421 - 55 90 90 · Fax: 55 90 960
 E-mail: anlagen@sab-bremen.de
 Internet: www.sab-anlagen.de

Ultrafiltration dar. Der erwiesenermaßen funktionierenden Verminderung von gebundenem Chlor stehen allerdings offene Fragen zur Bildung von Desinfektionsnebenprodukten durch die UV-Bestrahlung gegenüber.

Bei der Desinfektion ist darauf zu achten, dass diese möglichst früh hinter der Membran ansetzt, um die hohe Filtratqualität nicht durch eine Wiederverkeimung zu gefährden. Außerdem ist darauf zu achten, dass im Rahmen der Modulspülung in regelmäßigen Intervallen die komplette Filtratseite der Anlage, inkl. des Membranmoduls, mit Desinfektionsmittel (Chlor) durchspült wird.

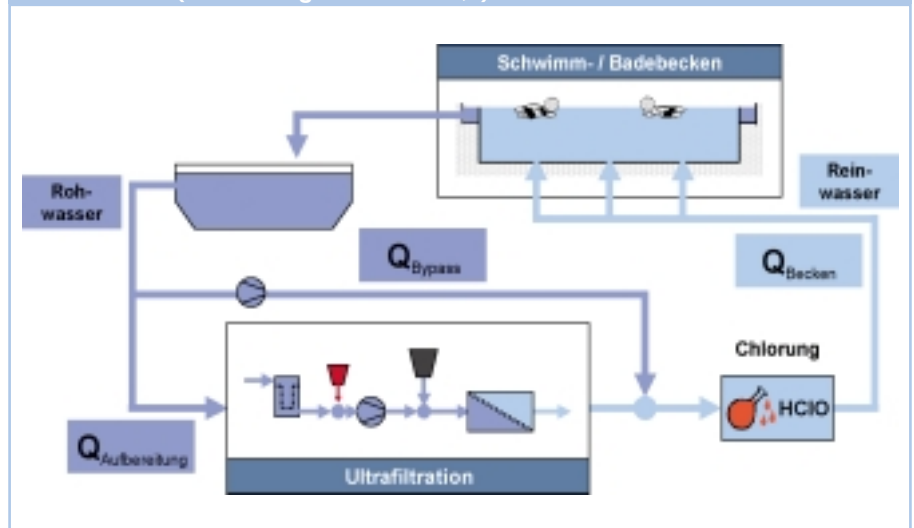
Ein wichtiger verfahrenstechnischer Aspekt ist die Erhöhung der Gesamtausbeute der UF-Anlage. Eine einstufige UF-Anlage erzielt in der Regel eine Ausbeute von ca. 97-98 %. Bei großen Anlagen fallen damit unwirtschaftlich große Mengen Spülabwasser an. In dem Fall bietet es sich an, die Ultrafiltration zweistufig auszuführen. D. h. eine wesentlich kleinere zweite UF-Stufe bereitet das Spülabwasser auf, das aus der ersten Ultrafiltration zur Beckenwasseraufbereitung stammt (siehe Abbildung 3). Das Filtrat der zweiten Stufe wird vor die Beckenwasser-UF gefahren. Im Hinblick auf die in der DIN 19 645 geforderte Doppel-Membranbarriere wird hier die UF-Beckenwasseraufbereitung als eine der beiden Barrieren genutzt. Eine Ergänzung der DIN 19 645 um dieses Konzept wäre sinnvoll.

Insgesamt lässt sich mit einem solchen Konzept eine Ausbeute wie bei der Sandfiltration erzielen. Bei Aufbereitungskreisläufen mit Ultrafiltration oder Sandfilter, die stark belastete Becken enthalten, ist die Ausbeute oftmals durch die Aufkonzentrierung gelöster Stoffe limitiert. In diesem Fall kann eine zentrale Anlage zur Spülabwasseraufbereitung nach DIN 19 645 helfen, Kosten zu reduzieren.

Integration und Bemessung der Ultrafiltrationsanlage

Die überlegene Filtratqualität und die höheren spezifischen Aufbereitungskosten führen

Abbildung 4: Ultrafiltration im Teilstrom mit Bypass (Bemessung UF mit $k > 0,6$)



zur berechtigten Forderung bzw. zur Notwendigkeit einer Reduzierung des Volumenstromes bei der Aufbereitung. In Einzelfällen kann dies eine Neuausrichtung für den Wasserkreislauf im Schwimmbad erfordern. In der bisherigen Fassung der DIN 19 643 wird der Wasserkreislauf komplett über die Aufbereitungsanlage geführt und ein Belastbarkeits-Faktor k von max. 0,6 für die Aufbereitung vorgesehen⁸⁾. Die Limitierung des Belastbarkeitsfaktors auf 0,6 hat u. a. den Grund, dass die in Tabelle 4 der DIN 19 643 angegebenen Volumenströme ausreichen müssen, um eine zufriedenstellende Beckenhydraulik zu gewährleisten.

Für die in Bearbeitung befindliche Neufassung der DIN 19 643 werden z. Zt. Neuerungen diskutiert, die den besonderen Gegebenheiten der Ultrafiltration Rechnung tragen. Dabei ist eine Erhöhung des k -Faktors über den Wert von 0,6 hinaus auf z. B. $k = 1,0$ im Gespräch, was eine Verminderung der aufzubereitenden und umgewälzten Wassermenge bedeuten würde. Um bei Becken mit problematischer Beckenhydraulik trotz verringerter Aufbereitungsleistung die Chlorverteilung und einen gleichmäßigen Austrag von Schmutzstoffen sicherzustellen, wird außerdem über die Möglichkeit zur Realisierung eines By-

pass-Stromes nachgedacht. Dieser Bypass-Strom ist ein Schwallwasser-Volumenstrom, der an der Aufbereitung vorbeigeführt wird. Addiert mit dem Aufbereitungsvolumenstrom ergibt er den Beckenvolumenstrom (siehe dazu Abbildung 4).

Beide Maßnahmen, sowohl die Erhöhung des Belastbarkeits-Faktors k bei Aufbereitung im Vollstrom als auch eine Teilstromaufbereitung, führen zu längeren Retentionszeiten (statistische Aufenthaltszeiten) von Partikeln im Becken. In einem DVGW-Forschungsvorhaben wurde nachgewiesen, dass die Partikelzahlen im Beckenwasser durch einen Bypass merklich ansteigen, wobei jedoch die mikrobiologischen Indikatorparameter stets unauffällig waren⁹⁾. Eine genaue Klärung der hygienischen Bedeutung dieser statistisch längeren Aufenthaltszeit für Partikel steht jedoch noch aus. Weitere Bedenken werden für einen Bypass im Zusammenhang mit der Kreislaufführung grober Verschmutzungen geltend gemacht. Kostengünstige Technologien zur Entfernung grober Verschmutzungen im Bypass werden derzeit untersucht.

Zur Diskussion der Bemessung der Aufbereitungsanlage und der Gestaltung des Wasserkreislaufs bei der Ultrafiltration von

pdmp-Consulting – Beratung und Services zur Druckgetriebenen Membrantechnik

Dipl.-Ing. Andreas Loi-Brügger
Weseler Str. 165, 46149 Oberhausen
Tel.: 0208 / 884 27 55
loi@pdmp-consulting.de

Vorträge zur Membrantechnik im Schwimmbad:
Seminar Dr. Jentsch, Baunatal, 07. März 2007

Tabelle 1: Ausgangsdaten der Kostenrechnung

Betriebsdaten	
Jährliche Betriebszeit	8050 h/a
Ausbeute SW-Aufbereitung	50 %
Verbrauchsdaten	
Aufheizenergie Frischwasser (mit WRG)	8 kWh/m ³
Strombedarf Anlagen (insbes. Pumpen)	0,1 kWh/m ³
Cl ₂ -Dosierung	0,7 g/m ³
Flockungsmittel	0,5 g/m ³
Pulver-Aktivkohle (nur Uf)	0,5 g/m ³
Kostendaten	
spez. Betriebskosten SW-Anlage	1,00 €/m ³
Frischwasser	1,50 €/m ³
Abwasser	2,00 €/m ³
Strom	0,10 €/kWh
Wärme	0,05 €/kWh
Cl ₂	2,00 €/kg
Flockungsmittel	1,00 €/kg
Pulver-Aktivkohle	4,00 €/kg
Invest umbauter Raum	200 €/m ³

SW: Spülabwasser
WRG: Wärmerückgewinnung

Tabelle 2: Ergebnisse der Kostenrechnung (exemplarisch für Q = 72 (36) m³/h)

	Drucksandfilter ohne SW-Aufbereitung	Ultrafiltration mit SW-Aufbereitung	Ultrafiltration ohne SW-Aufbereitung
Grundlagen			
Belastbarkeitsfaktor k	0,5	1,0	1,0
Umwälzmenge	72 m ³ /h	36 m ³ /h	36 m ³ /h
Filterfläche UF	2,4 m ²	200 m ²	200 m ²
Spülungen/Woche	2	95	95
Spülwasser/Spülung	14,4 m ³	0,6 m ³	0,6 m ³
Verbräuche			
Spülwasser	1440 m ³	2940 m ³	2940 m ³
Fällwasser Typ I	-	-1470 m ³	-
Cl ₂	498 kg	293 kg	293 kg
Flockungsmittel	290 kg	145 kg	145 kg
Pulver-Aktivkohle	9 kg	145 kg	145 kg
Strom	5760 kWh	2960 kWh	2960 kWh
Aufheiztag	11520 kWh	11760 kWh	23520 kWh
Investition			
Fibranlage	23.900 €	40.900 €	40.000 €
Wasserspeicher	18.900 €	1.900 €	1.000 €
Aufstellhöhe	4,1 m ³	2,5 m ³	2,5 m ³
Beckhöhe	3,9 m	2,0 m	2,0 m
Umbauter Raum Vorfilter	-	2,5 m ³	2,5 m ³
Umbauter Raum inkl. Speicher	48,0 m ³	7,5 m ³	7,5 m ³
Invest umbauter Raum	9.780 €	1.500 €	1.500 €
Anlage SW-Aufbereitung	-	20.900 €	-
Summe Investition	50.180 €	62.900 €	42.980 €
Betriebskosten			
Wasser	2.160 €	2.325 €	4.410 €
Abwasser	2.880 €	2.940 €	5.880 €
Strom	5.760 €	2.960 €	2.960 €
Wärme Aufheizung	576 €	588 €	1.176 €
Cl ₂	811 €	406 €	406 €
Flockungsmittel	290 €	145 €	145 €
Pulver-Aktivkohle	- €	580 €	580 €
Sand-Braunkohlentests	300 €	- €	- €
Membranwechsel 6 Jahre	- €	2.100 €	1.680 €
Betriebskosten SW-Aufber.	- €	1.470 €	- €
Kapitalkosten 12 J/4 %	5.187 €	6.458 €	4.282 €
Summe Betriebskosten	18.993 €	19.799 €	21.552 €

Beckenwasser sollen im Folgenden drei Fälle unterschieden werden:

- Becken mit besonders ausgeprägter hygienischer Belastung (z. B. Therapie- und Planschbecken),
- Becken mit normaler oder starker Belastung und guter Beckenhydraulik (z. B. Becken mit vielen Attraktionen, Sole- und Wärmesprudelbecken),
- Becken mit normaler Belastung und hohem notwendigen Beckenvolumenstrom (z. B. Schwimmer- und Springerbecken).

Ultrafiltration bei Becken mit ausgeprägter hygienischer Belastung

Bei Therapie- oder Planschbecken ist der schnelle Austrag von Krankheitserregern, die durch den Badegast eingetragen werden, ein besonders kritischer Faktor. Da der Austrag direkt mit dem Beckenvolumenstrom in Zusammenhang steht, sollte dieser nicht reduziert werden. Weiterhin erscheint aus Gründen der Beckenhygiene ein Bypass in diesem Anwendungsfall nicht vertretbar. Dementsprechend kommt hier die Ultrafiltration im Vollstrom zum Einsatz, wobei die Bemessung mit max. k = 0,6 anzusetzen wäre.

Allerdings bietet die Ultrafiltration gerade für Therapie- und Planschbecken besondere Vorteile. In Untersuchungen vom IWW, Mülheim an der Ruhr, erreichte die Ultrafiltration von Beckenwasser z. B. im hygienisch bedeutsamen Partikelgrößenbereich von 0,7 bis 1,5 µm eine Abscheidung von über 95 %, während sie beim Mehrschichtfilter nur bei etwa 30 % lag. Dementsprechend lagen die Gesamtzellzahlen im Ablauf der Ultrafiltration um mehr als eine Zehnerpotenz niedriger als beim Mehrschichtfilter³⁾.

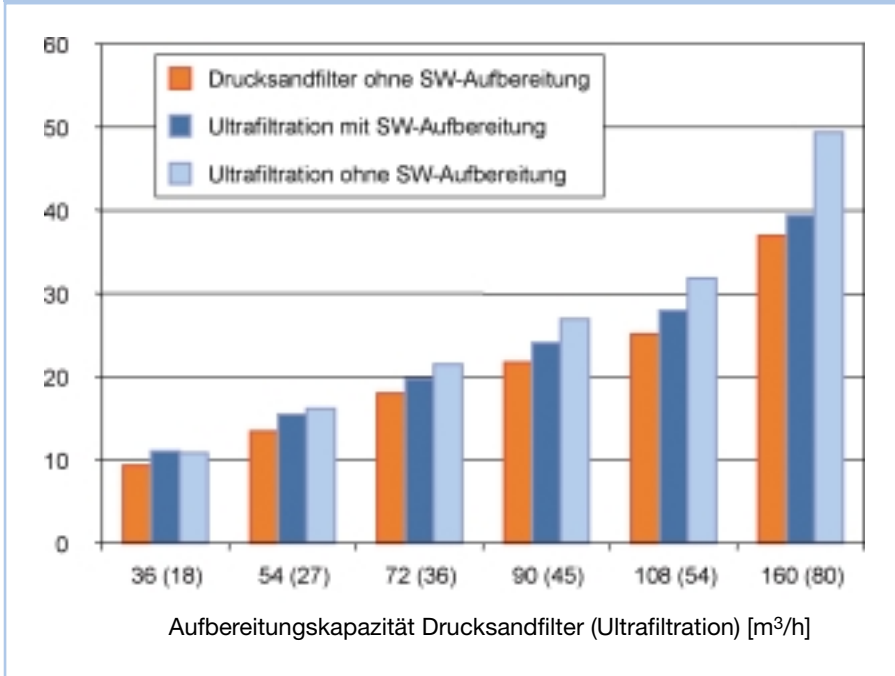
Auch ist die Sicherheit der Ultrafiltration im Hinblick auf Legionellen bei Becken mit hohen Wassertemperaturen besonders vorteilhaft. Bei akuter Fäkalverunreinigung im Becken ist im Vergleich zur Hochchlorung eines Sandfilters zudem eine sehr schnelle Desinfektion der Ultrafiltration möglich, was die Beckenschließung auf die zur Neubefüllung des Beckens notwendige Dauer reduziert. Außerdem liegen Erfahrungswerte vor, dass der Reinigungsaufwand für die Becken trotz verringerter Umwälzmenge aufgrund der hohen Filtratqualität deutlich geringer ist, d. h. der Personalaufwand wird gesenkt¹⁰⁾.

Unter dem Aspekt der hygienischen Sicherheit kann mit einer Ultrafiltration anstelle der Kombination Sandfiltration und Ozontechnik eine vergleichbare Qualität erreicht werden. Ein Vorteil für die Ultrafiltration ist eine verminderte Belastung mit Desinfektionsnebenprodukten, wie sie z. B. bei der Ozonung bromidhaltiger Wasser in Form von Bromat auftreten. Selbst bei Auslegung mit einem Belastbarkeits-Faktor von k = 0,6 analog zu den Verfahren entsprechend DIN 19 643, Teil 3 oder 4, ist die Ultrafiltration wirtschaftlich konkurrenzfähig. Hinzu kommen Vorteile wie deutlich weniger umbauter Raum, weniger Überwachungsaufwand und wegen des Verzichtes auf Ozon ein deutlich geringeres Gefährdungspotenzial für die Badbediensteten.

Ultrafiltration bei Becken mit normaler oder starker Belastung und guter Beckenhydraulik

Bei Becken mit günstiger Beckenform, niedrigen Wassertiefen oder mit zahlreichen Attraktionen kann eine gute Beckenhydraulik evtl.

Abbildung 5: Kostenvergleich für Ultrafiltration und konventionelle Sandfiltration zur Beckenwasseraufbereitung



mit niedrigerem Beckenvolumenstrom sichergestellt werden, als er derzeit veranschlagt wird. In diesem Fall kann auf Grund der guten Filtratqualität die Bemessung der UF-Anlage unter Berücksichtigung eines Belastbarkeits-Faktors $k > 0,6$ geschehen. Die Grenze des k -Faktors nach oben hin wird dabei insbesondere durch die sich verlängernde Retentionszeit vorgegeben. Die Ultrafiltration wird bei diesem Konzept im Vollstrom betrieben. Durch die geringere Aufbereitungskapazität können die höheren spezifischen Investitionskosten der Ultrafiltration aufgefangen werden. Abhängig von den Randbedingungen des Bades ist die Ultrafiltration hier insbesondere auf Grund der betriebstechnischen wie bautechnischen Vorteile attraktiv.

Bei Solebecken ist die Ultrafiltration der konventionellen Sandfiltration im direkten Kostenvergleich wirtschaftlich überlegen. Sandfilteranlagen für solehaltiges Beckenwasser müssen gem. der geltenden DIN 19 643 mit 50 % mehr Filterfläche ausgestattet werden, um eine Filtergeschwindigkeit von 20 m/h sicherzustellen. Grund dafür ist die Ausbildung kleinerer Flocken bedingt durch die hohe Ionenstärke des Solewassers. Für die Ultrafiltration reicht das Vorliegen kleiner Flocken in der Größenordnung von 1 μm aus, um einen trübstofffreien Ablauf zu erzielen. Damit stehen im Investitionsplan 150 % Sandfilterfläche, eingebracht

in solebeständige – häufig gummierte – Stahlfilterkessel, einer halbierten Umwälzleistung mittels Ultrafiltration gegenüber. Korrosionsprobleme werden bei der Ultrafiltration von vornherein vermieden, da die Membranmodule aus Kunststoff sind.

Ultrafiltration bei Becken mit normaler hygienischer Belastung und hohem notwendigen Beckenvolumenstrom

Bei Schwimmer- und Springerbecken ist eine Verringerung des Beckenvolumenstromes oftmals nicht möglich. Bei einer Verringerung

der Aufbereitungskapazität unter Berücksichtigung eines Belastbarkeits-Faktors $k > 0,6$ ist in diesem Fall ein Bypass-Volumenstrom notwendig. Bevor der Bypass in das Becken zurückgeführt wird, passiert er die Pumpe und die Desinfektion. Momentan wird die Auswirkung dieses Konzeptes auf die Beckenhygiene diskutiert (s. o.). Sollte sich das Bypass-Konzept als hygienisch nicht akzeptabel herausstellen, ist die Ultrafiltration für Schwimmer- und Springerbecken nur unter besonderen Randbedingungen wirtschaftlich konkurrenzfähig. Dies könnte u. a. bei Sanierungen der Fall sein.

Wirtschaftliche Aspekte zur Ultrafiltration von Beckenwasser

Der spezifische Strombedarf bei der Ultrafiltration für die Aufbereitung von Beckenwasser liegt auf dem Niveau einer Sandfilteranlage. Bei Bemessung einer UF-Anlage mit einem Belastungs-Faktor von $k = 0,6$ ergibt sich damit nur ein geringer Unterschied im Energiebedarf zum Sandfilter. Legt man eine Bemessung mit dem z. Zt. diskutierten Belastungs-Faktor $k = 1,0$ zu Grunde, entspricht das einer Halbierung der Umwälzleistung. Der tatsächliche Energiebedarf der Ultrafiltration würde in dem Fall bei etwa 50 % gegenüber der konventionellen Filtertechnik liegen.

Anders sieht es beim spezifischen Spülwasserverbrauch aus. Für die periodischen Spülungen der Membranen wird etwa viermal so viel Wasser benötigt wie bei den Spü-



Planschbecken im Schinkelbad Osnabrück; Foto: Andreas Loi-Brügger, Oberhausen (Abbildung 6)



Ultrafiltrationsanlage zur Plansch Becken-Wasser-aufbereitung im Schinkelbad Osnabrück;
Foto: Schweinermann Anlagen, Bremen (Abbildung 7)

lungen der Sandfilter. Bei Halbierung der Umwälzmenge liegt der tatsächliche Spülwasserverbrauch damit immer noch etwa doppelt so hoch wie bei den konventionellen Sandfilteranlagen. Das würde nahezu doppelte Wasser- und Wärmekosten bedeuten. Vermindern lassen sich diese zusätzlichen Betriebskosten, wie oben angesprochen, durch eine nachgeschaltete Spülabwasseraufbereitung. Die periodischen Spülungen mit vergleichsweise kleinen Spülwasservolumina bei der Ultrafiltration bringen dagegen den Vorteil mit sich, dass keine großen Speicherbehälter für Spülwasser oder Spülabwasser notwendig sind.

Ein wesentlicher wirtschaftlicher Vorteil der Ultrafiltration liegt in der geringen Bauhöhe sowie der modularen Bauweise und der dadurch flexibel gestaltbaren Bauausführung. Der geringere Raumbedarf liegt an der niedrigen Bauhöhe von Membrananlagen und vor

allem an dem Wegfall der großen Speicherbehälter für Spülwasser und Abwasser. Bei dezentraler Aufbereitung sind zur Speicherung des Spülabwassers Behältergrößen von 1 bis 2 m³ ausreichend. Bei Ableitung sind keine Pufferkapazitäten notwendig.

Damit ist diese Verfahrenstechnik prädestiniert für Sanierungen in bestehenden Baukörpern. Bei Nutzung der vorhandenen Baukörper lassen sich die Investitionen und der damit verbundene Kapitaldienst erheblich reduzieren. Das gilt ebenso bei nachträglicher Attraktivierung, z. B. durch Einbau einer Rutschanlage. Die dafür notwendige Leistung lässt sich wegen der geringen Baugröße mit einer Ultrafiltration häufig noch bereitstellen. Bei Neubauten kann der Technikbereich von vornherein kleiner gebaut werden.

Kostenvergleich Ultrafiltration / konventionelle Sandfiltration

Ausschlaggebendes Kriterium bei der Wahl der Aufbereitungstechnik ist die Wirtschaftlichkeit. Der hier durchgeführte Kostenvergleich bezieht sich auf Aufbereitungskreisläufe für hochbelastete kleine bis mittelgroße Becken. Die dem Kostenvergleich zu Grunde liegenden Daten sind in Tabelle 1 dargestellt.

Auf Grund der bisherigen Kostenstruktur für Aufbereitungsanlagen nach DIN 19 645 ist für die Sandfiltration eine Spülabwasseraufbereitung (SW-Aufbereitung) erst ab Kapazitäten von ca. 500 l/h wirtschaftlich, was einer Sandfilteranlage größer 160 m³/h entspricht. Daher wurden hier die Kosten für Sandfilter ohne SW-Aufbereitung als Maßstab zu Grunde gelegt. Dem ist hinzuzufügen, dass derzeit die Vermarktung wirtschaftlicher Lösungen zur Spülabwasseraufbereitung nach DIN 19 645 auch für kleinere Kapazitäten beginnt¹¹⁾.

Detaillierte Ergebnisse für den Vergleich einer Sandfilteranlage nach DIN 19 643-2 mit

einer Aufbereitungsleistung von Q = 72 m³/h und einer UF-Anlage mit Q = 36 m³/h sind in Tabelle 2 wiedergegeben. Die Kosten für die Aufbereitungsanlagen umfassen die Aufbereitungstechnik inkl. der für die Spülung der Membranen bzw. des Filters notwendigen Aggregate.

Die Ergebnisse für den Kostenvergleich sind in Abbildung 5 dargestellt. Für Anlagengrößen im Leistungsspektrum bis Q = 80 m³/h (entsprechend 160 m³/h bei konventioneller Technik) ergeben sich bei Einsatz der Ultrafiltration ohne SW-Aufbereitung bezogen auf Neubauprojekte etwa 20-30 % höhere Betriebskosten. Lediglich bei der kleinsten hier betrachteten Anlagengröße ist der Verzicht auf die zweite UF-Stufe günstiger.

Das macht deutlich, dass UF-Anlagen abgesehen von den sehr kleinen Anlagen mit einer zweiten UF-Stufe zur Reduzierung des Spülabwasseranfalls ausgerüstet werden sollten. Mit der zweiten Aufbereitungsstufe lassen sich die Mehrkosten für die Ultrafiltration unter den hier zu Grunde gelegten Annahmen auf durchgehend 10-15 % reduzieren.

Einzelne Kostenpunkte, die in ihrem Umfang sehr spezifisch von den Randbedingungen abhängig sind, wurden in dieser Kostenrechnung nicht berücksichtigt. Die Kosten des Personalbedarfs für den Betrieb der Anlagen und für die Beckenpflege fallen für die Ultrafiltration geringer aus als für die Sandfiltration. In der Regel kommen bei der Ultrafiltration in regelmäßigen Intervallen Chemikalien (NaOCl, NaOH, H₂SO₄) zur Membranreinigung zum Einsatz, deren Kosten hier nicht berücksichtigt wurden. Bei einer Gesamtbetrachtung der Vor- und Nachteile kämen zudem Aspekte wie die hygienische Sicherheit (z. B. in Bezug auf Legionellen), die Verfügbarkeit von Becken (z. B. nach Fäkaleintrag) oder auch zum Arbeitsschutz des Betriebspersonals ins Spiel.

Jetzt bestellen ... Jetzt bestellen ... Jetzt bestellen ... Jetzt bestellen ... Jetzt bestellen ... Jetzt bestellen ...

A.B.-Jahrgangs-Sammelordner

Stabile Zeitschriftenmechanik in einem repräsentativen Kunststoffordner, Silberdruck auf Deckel und Rücken, Dreiecktasche im Innenteil für Jahresinhaltsverzeichnis sowie Klarsichteinsteckhülle im Rücken für Jahreszahlen.

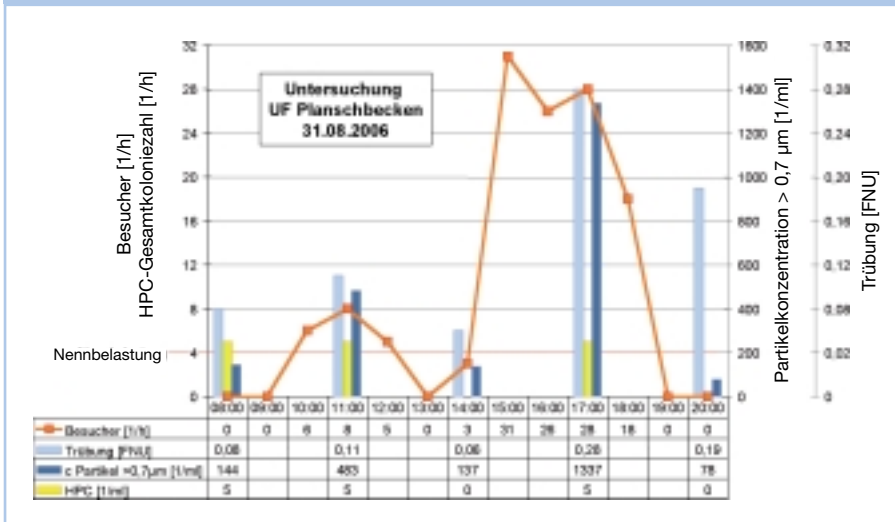
Der Sammelordner fasst 12 Hefte eines Jahrganges.
Stückpreis 10,70 € (zzgl. MwSt. und Versandkosten).

Schriftlich zu bestellen bei:

A.B. Archiv des Badewesens, Postfach 34 02 01, 45074 Essen,
Telefax: 02 01 / 8 79 69 -21, E-Mail: verlag@boeb.de



Abbildung 8: Korrelation von Beckenbelastung, Trübung, Partikelzahlen und HPC-Gesamtkoloniezahlen



HPC: heterotrophic plate count; heterotrophe aerobe Bakterien

Anwendungsbeispiel: Ultrafiltration von Planschbeckenwasser

Als Anwendungsbeispiel soll die Integration einer Vollstrom-UF-Anlage in den Wasserkreislauf eines Planschbeckens im Schinkelbad Osnabrück geschildert werden. Die Auslegung, Gestaltung und Einbindung der Anlage sowie die Auswirkungen auf die Wasserqualität stehen dabei im Mittelpunkt.

Das Planschbecken

Das Planschbecken (siehe Abbildung 6) ist das einzige, in diesem Wasserkreislauf betriebene Becken und weist eine Wasseroberfläche von ca. 17 m² bei einer Wassertiefe von 0,22 m auf. Entsprechend DIN 19 643 ist für dieses Becken bei konventioneller Wasseraufbereitung (Belastbarkeitsfaktor k = 0,5) eine Nennbelastung von vier Personen pro Stunde und ein Aufbereitungsvolumenstrom von 10,2 m³/h zugrunde zu legen. Die im Planschbecken vorhandenen Wasserspeicher sind nach DIN 19 643 mit Reinwasser zusätzlich zum o. g. Beckenvolumenstrom zu betreiben, jedoch nicht als Attraktion mit zusätzlicher Belastung des Beckens zu werten. Das Planschbecken wird horizontal durchströmt, dabei ist eine Längsseite des Beckens mit einer Überlaufrinne ausgestattet.

Aufbereitungsanlage

Die Wasseraufbereitung mit Ultrafiltration für das Planschbecken im Schinkelbad wird im Vollstrom bei 12 m³/h betrieben und entspricht der Verfahrenskombination Flockung

- Adsorption - Ultrafiltration - Desinfektion, wie sie derzeit zur Normung im Rahmen der Normenreihe DIN 19 643 diskutiert wird. Die in Abbildung 7 gezeigte UF-Anlage ersetzt im Rahmen eines selbst getragenen Forschungsvorhabens vorübergehend einen konventionellen Mehrschichtfilter mit Aktivkohle. Über die Vorgaben der DIN 19 643 hinausgehend wurde die frühere konventionelle Tiefenfiltration mit einer Aufbereitungsleistung von 20 m³/h betrieben, um auch in Spitzenlastzeiten eine gute Wasserqualität im Becken sicherzustellen.

Den Kern der Verfahrenskombination bilden zwei parallel betriebene UF-Module mit einer Membranfläche von jeweils 50 m². Diese Membranmodule erfüllen nach Herstellerangaben die Forderungen der DIN 19 645 für einen Virenrückhalt von 4 log-Stufen. Im derzeitigen Entwurf der DIN 19 643-6 für die Verfahrenskombination mit Ultrafiltration wird diese Forderung übernommen. Die beiden Module werden im laufenden Betrieb vollautomatisch zurücks gespült. Zudem können Chemikalien zur Unterstützung der Reinigungswirkung in den Rückspülstrom dosiert werden. Im Prüfungszeitraum wurden die Module alle 90 min mit jeweils 150 l Filtrat zurücks gespült.

Bei der Integration der UF-Anlage in den Planschbecken-Wasserkreislauf wurden abgesehen von den Filtrationsstufen alle anderen vorhandenen Komponenten der Wasserführung und -aufbereitung unverändert übernommen. Im Zulaufstutzen der Rohwasserpumpe wird Flockungsmittel (Polyaluminiumhydroxidchlorid) zugesetzt, danach ge-

langt das Rohwasser in den neu errichteten Anlagenteil.

In der UF-Anlage wird das Wasser zunächst über einen Vorfilter mit Kornaktivkohle geleitet. Nachfolgend wird das Wasser durch die UF-Membranen filtriert. Das Filtrat gelangt danach wieder in den alten Anlagenbestand und wird über einen Wärmetauscher und ggf. nach Dosierung von Chlorgas und Schwefelsäure als Reinwasser in das Becken gegeben. Die Dosiertechnik war im Hinblick auf den Badewasserkreislauf überdimensioniert und führte bei starker Beckenbelastung u. a. wegen der Desinfektionsmittelzugabe mit einfachem Grenzwertgeber zur suboptimalen Regelung der Hygienehilfsparameter.

Durchführung der Prüfung

pdmp-Consulting wurde von der Schünemann Anlagen GmbH, Bremen, mit der analytischen Prüfung der UF-Anlage BeWa18.0 zur Aufbereitung von Planschbeckenwasser im Schinkelbad Osnabrück beauftragt. Die Überprüfung der hier eingesetzten Verfahrenskombination erfolgte nach den Vorgaben genormter Anforderungen (u. a. DIN 19 643) und des Merkblattes 65.04 „Funktionsprüfung von Anlagen zur Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser nach DIN 19 643:1997-04“ der Deutschen Gesellschaft für das Badewesen, Essen. Die Integrität der UF-Module wurde entsprechend einer Standardarbeitsanweisung des IWW, Mülheim an der Ruhr, mittels Partikelzählung im Filtrat bei Dosierung einer hochkonzentrierten Partikelsuspension in das Rohwasser nachgewiesen. Die Laboranalytik wurde vom IWW, Mülheim an der Ruhr, durchgeführt.

An zwei Tagen (31. August und 15. September 2006) wurden jeweils über zwölf Stunden hinweg von einer Stunde vor Beckenöffnung bis zwei Stunden nach Beckenschließung Proben im Becken und Aufbereitungskreislauf genommen. An beiden Tagen wurde während nahezu der gesamten Beckenöffnungszeiten die Nennbelastung erreicht, zu meist jedoch überschritten. An beiden Nachmittagen kam es über einen Zeitraum von vier Stunden zu einem besonders starken Besucherandrang mit erheblicher Überschreitung der Nennbelastung. Am 31. August wurde vor und während der Nachmittagsprobe eine Überschreitung entsprechend dem 5- bis 8-Fachen der Nennbelastung, am 15. Septem-

ber entsprechend dem 3- bis 5-Fachen der Nennbelastung nach DIN 19 643 ermittelt.

Prüfungsergebnisse

Während der Prüfung wurde ein Umwälz-Volumenstrom von 12 m³/h aufbereitet. Damit wurden die Bemessungsvorgaben der DIN 19 643 für das Planschbecken (10,2 m³/h Beckenvolumenstrom) und der Betrieb der Wasserspeier (ca. 1,8 m³/h) berücksichtigt.

Wegen der nicht auf die UF-Anlage abgestimmten Dosiertechnik kam es bei der Regelung der Hygienehilfsparameter zu unerwünschten Schwankungen. Die pH-Werte lagen teilweise über dem Wert von 7,2, der für eine Flockung mit Polyaluminiumchlorid nicht überschritten werden sollte. Damit war die Funktion der Flockung zur Verminderung organischer Stoffe im Wasserkreislauf teilweise beeinträchtigt. Dies kam in einer z. T. nur geringen Elimination von Ortho-Phosphat und in erhöhten Aluminium-Konzentrationen im Filtrat zum Ausdruck.

Dennoch kam es im Becken lediglich am 31. August im Zusammenhang mit der erheblichen Überschreitung der Nennbelastung in den Nachmittagsstunden zu einer Überschreitung der Oxidierbarkeit (1,47 mg/l), ansonsten lag die Oxidierbarkeit mit maximal 0,61 mg/l im Becken deutlich unter dem Grenzwert. Auch in Zusammenhang mit den extremen Spitzenbelastungen zu sehen sind die jeweils einmaligen Überschreitungen der Werte für gebundenes Chlor in den Nachmittagsproben (0,34 mg/l am 31. August und 0,22 mg/l am 15. September), die jedoch innerhalb kurzer Zeit wieder abgebaut wurden.

Die im Becken gemessenen Werte für THM ($\bar{\theta}$ 0,9 µg/l), TOC ($\bar{\theta}$ 0,73 mg/l) und SAK₂₅₄ ($\bar{\theta}$ 0,36 1/m) zeigten eine hervorragende Wasserqualität an. Auch die lediglich im Filtrat überprüften Werte für AOX liegen mit unter 0,013 mg/l sehr niedrig.

Mit der UF-Anlage wurde zu jedem Zeitpunkt eine hervorragende mikrobiologische Beckenwasserqualität sichergestellt. Dies ist vor allem vor dem Hintergrund der teilweise

erheblichen Überschreitung der Nennbelastung und der z. T. eingeschränkten Funktionsfähigkeit der Flockung bemerkenswert. Von den insgesamt zehn mikrobiologisch untersuchten Beckenwasser-Proben zeigten acht Keimfreiheiten (alle mikrobiologischen Parameter n. n.), in zwei Proben wurden lediglich Koloniezahlen bei 36 °C von 1 bzw. 2 KBE/ml bestimmt. Auch die am 15. September im Aufbereitungskreislauf entnommenen Proben wiesen eine hervorragende mikrobiologische Qualität auf (eine Probe Koloniezahl bei 36 °C von 1 KBE/ml, ansonsten für alle weiteren Parameter und Proben n. n.).

An beiden Untersuchungstagen wurden über den üblichen Umfang der Funktionsprüfung hinaus Partikelzahlen im Beckenwasser gemessen und die Gesamtkoloniezahl nach HPC-Methode (heterotrophic plate count; heterotrophe aerobe Bakterien) bestimmt. Diese Untersuchungen sollten eine erste Orientierung erlauben, in welcher Weise sich bei Einsatz der Ultrafiltration die Beckenbelastung auf die Partikelzahlen und die hygienische Situation im Beckenwasser auswirkt.

Die HPC-Methode ist wesentlich sensitiver als die Koloniezahl-Bestimmungsmethode nach Trinkwasserverordnung (TrinkwV), da auf einem nährstoffarmen Agar (Nährboden) für fünf Tage bei 20 °C inkubiert wird¹²⁾. In nach TrinkwV einwandfreiem, ungechlortem Trinkwasser finden sich in der Regel ca. 1000 KBE/ml (HPC).

Die Ergebnisse für die Untersuchung am 31. August 2006 sind in Abbildung 8 dargestellt. Zunächst einmal fällt die deutliche Überschreitung der Nennbelastung vormittags und nachmittags ins Auge. Die Belastung spiegelt sich auch in Abbildung 6 (s. o.) wider; das Foto wurde am Rande der Probeaufnahme um 17.00 Uhr gemacht.

Die Ergebnisse zeigen deutlich den Zusammenhang zwischen den Besucherzahlen und der Trübung bzw. der Partikelkonzentration im Beckenwasser. Eine Auswirkung auf die mikrobiologische Situation konnte dagegen nicht ausgemacht werden. Die Parameter nach

DIN 19 643 waren, wie oben beschrieben, alle hervorragend. Aber auch die sensitive Bestimmung der HPC-Gesamtkoloniezahlen ergab lediglich Werte von 0 und 5/ml.

Ein ähnliches Bild ergab sich für die Wiederholung der Untersuchung am 15. September 2006. Hier lagen die Schwankungsbreiten der Besucherzahlen zwischen 0 und 19/h, der Trübung zwischen 0,04 und 0,13 FNU und der Partikelzahlen zwischen 32 und 265/ml. Für die HPC-Gesamtkoloniezahlen ergaben sich wiederum sehr niedrige Werte zwischen 2 und 4/ml. Der Verdünnungseffekt durch das nahezu partikelfreie Filtrat der UF-Anlage scheint eine hohe Desinfektionswirkung des Chlors auch bei extremer Beckenbelastung zu unterstützen. Für eine genaue Klärung der Zusammenhänge sind allerdings weitere Untersuchungen notwendig.

Fazit der Prüfung

Überprüft wurde die Verfahrenskombination Flockung – Adsorption – Ultrafiltration – Desinfektion für ein Planschbecken mit einer nach DIN 19 643 ausgelegten Aufbereitungsleistung im Vollstrom von 12 m³/h. Trotz der im Umfeld der UF-Anlage zu sehenden suboptimalen Regelung der Hygienehilfsparameter und der z. T. erheblichen Überschreitung der Nennbelastung wurde mit der überprüften UF-Anlage eine hervorragende Aufbereitungsleistung und Wasserqualität im Planschbecken erzielt.

Fazit

Die Einführung der Ultrafiltration zur Beckenwasseraufbereitung könnte zu einschneidenden Änderungen im Beckenwasserkreislauf führen. Auf Grund der wesentlich höheren Filtratqualität der Ultrafiltration im Vergleich zur Tiefenfiltration ist für bestimmte Becken ein Belastbarkeits-Faktor $k > 0,6$ denkbar. Zur Aufrechterhaltung einer guten Beckenhydraulik ist dabei jedoch u. U. ein Bypass erforderlich. Die Auswirkungen dieser Konzepte auf die hygienische Situation im Beckenwasser werden derzeit diskutiert. Die Ergeb-

Legionellen? Pseudomonaden?

Wir bieten professionelle Reinigung und Desinfektion von Filtrat, Wasserspeicher und kompletten Wasserkreisläufen. Profitieren Sie von 30 jähriger Erfahrung, Garantie und Festpreis sowie kompetenter Beratung.

**dp Wasseraufbereitung
Poschen GmbH**

Obenketzberg 7
42653 Solingen

Telefon 02 12 / 38 08 58 15
info@dp-wasseraufbereitung.de



zertifiziert nach
DIN EN ISO 9001:2000

nisse dieser Diskussion werden in die Neufassung der DIN 19 643 einfließen.

Für Betreiber und Planer bietet sich im Hinblick auf das wirtschaftlichste Gesamtkonzept und einen optimalen Badebetrieb aber auch heute schon der Einsatz der Ultrafiltration zur Beckenwasseraufbereitung an. Insbesondere bei kleinen bis mittelgroßen und hochbelasteten Becken, bei Thermalbädern oder bei der Attraktivierung und Sanierung von Bädern kann die Ultrafiltration ihre Vorteile ausspielen. Die weitere technische Entwicklung sowie die zunehmende Betriebserfahrung und die damit einhergehenden Kostensenkungspotenziale lassen für die Zukunft eine spannende Konkurrenzsituation der Ultrafiltration gegenüber den konventionellen Verfahren erwarten.

Literatur

- 1) Loi-Brügger A. (2006): Spülwasser-Aufbereitung mit Membrantechniken zur weiteren Verwendung. In: Tagungsunterlagen Seminar Membrantechniken im Schwimmbad, Baunatal, 14.03.2006
- 2) Brügger A., Voßenkaul K., Melin T., Rautenbach R. (2000): Potential Applications of Membrane Technology for Swimming Pools on board Ships. In: Proceedings Fresh Water Production and Waste Water Treatment Technologies for Ships and Islands, Genua, Italien, 15. - 17. März 2000
- 3) Gimbel R., Hobby R. (2001): Einsatz innovativer Verfahren zur Schwimm- und Badebeckenwasseraufbereitung unter besonderer Berücksichtigung der Qualitätsanforderungen nach DIN 19 643. Abschlussbericht des IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gGmbH zum DVGW-Vorhaben W 20/99
- 4) Hagen K. (2004): Membranverfahren in Kreislaufanlagen. A.B. Archiv des Badewesens, 03/04, 154 - 156
- 5) Eichelsdörfer D. (2006): Ergebnisse zweier Abnahmeuntersuchungen: Beckenwasser-Aufbereitung mit Vollstrom-UF bei vermindertem Volumenstrom. In: Tagungsunterlagen Seminar Membrantechniken im Schwimmbad, Baunatal, 14.03.2006
- 6) Melin T., Rautenbach R. (2003): Membranverfahren – Grundlagen der Modul- und Anlagenauslegung. Springer Verlag
- 7) Jentsch F. (2006): Beckenwasseraufbereitung mit Ultrafiltration. In: Tagungsunterlagen Seminar Membrantechniken im Schwimmbad, Baunatal, 14.03.2006
- 8) DIN 19 643 (1997): Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser
- 9) Kramer M. (2006): Membranfiltration und konventionelle Volumenfiltration zur Entfernung von Keimen, DNP und DNP-Precursoren aus dem Schwimmbadwasserkreislauf im großtechnischen Vergleich. Abschlussbericht zu den DVGW-Vorhaben W 13/01/02 – A und W 13/01/02 – B
- 10) Rosbach J. (2006): Persönliche Mitteilung. BäderBetriebe Frankfurt GmbH
- 11) Meiners C. (2006): Persönliche Mitteilung. Schünemann Anlagenbau GmbH, Bremen
- 12) Schaule G., Uhl W., Kaatz K. H., Lenk P. (1999). Erfahrung mit Maßnahmen gegen die Verkeimung von Trinkwasser in einem Leitungsnetz. Berichte aus dem IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gGmbH, Band 30, Mülheim an der Ruhr, ISSN 0941-0961

Intelligenz für Schwimmbad & Wellness.



Pulver-Aktivkohle-Dosierung mit PAKDOS.

PAKDOS 60
 Dosieranlage für die Dosierung trockener Pulver-Aktivkohle für große Filterkreisläufe zur Eliminierung unerwünschter organischer Verbindungen wie gebundenes Chlor und chlorierte Kohlenwasserstoffe (THM). Die Dosierung erfolgt direkt aus dem 60-l-Fass. Einsetzbar für mehrere Filteranlagen mit PAK - SV. Dosiertrichter und Suspensor sind bei der Dosierung staubfrei miteinander verbunden.

- Calcium-Hypochlorit-Dosierung GRANUDOS/HYPOTAB
- Pulver-Aktivkohle-Dosierung PAKDOS
- Flüssig-Dosierung UNODOS/FLOCDOS
- Duftdosierung & Wellness DUFTDOS/Shower-TEC
- Mess- und Regeltechnik TopControl/POOLKLAR

WDT-Werner Dosiertechnik GmbH & Co. KG
 Hettlinger Straße 17
 86637 Wertingen-Geratschhofen
 Tel. + 49 (0) 82 72/9 86 97-0
 Fax + 49 (0) 82 72/9 86 97-19
 info@werner-dosiertechnik.de
 www.werner-dosiertechnik.de

